

COLLECTION
DES THÈSES

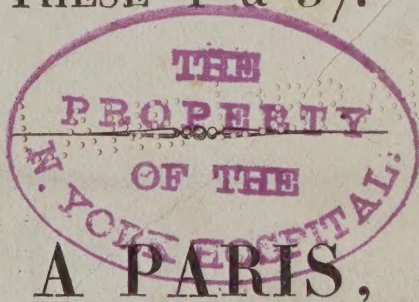
SOUTENUES

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE PARIS.

AN 1831.

TOME PREMIER.

THÈSE 1 à 37.



A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE DE DIDOT LE JEUNE,
IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,
rue des Maçons-Sorbonne, n° 13.

COLLECTION

DES THÈSES

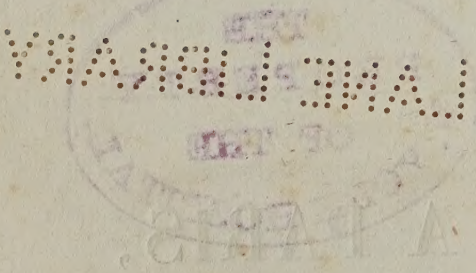
SOUTENUES

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE PARIS

AN 1831

TOURNAI

THÈSE 1 3 37



DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

UNIVERSITÉ DE PARIS

AN 1831

THÉORIE DU GALVANISME;

N^o 1.

THÈSE

*Présentée et soutenue à la Faculté de Médecine de Paris,
le 7 janvier 1831, pour obtenir le grade de Docteur en
médecine;*

PAR CHARLES-CLÉOPHAS PERSON, de Mussy-sur-Seine,
Département de l'Aube;

Ancien Élève de première classe à l'École pratique; ancien interne de
première classe dans les hôpitaux des Enfants malades; de la Pitié,
des Vénériens, des Enfants-Trouvés et de l'Hôtel-Dieu.

*Efficaciter irritatur caro musculosa aspersa sale, alco-
hole (in intestinis), frigore, calore vehementi; sed im-
primis lancinatione quæ fit à radente metallo, et demum
potentior omnibus stimulis est electrica scintilla.*

HALLER, t. 4, p. 448.

A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE DE DIDOT LE JEUNE,
Imprimeur de la Faculté de Médecine, rue des Maçons-Sorbonne, n^o. 13.

1831.

27564

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS.

Professeurs.

M. DUBOIS, Doyen.	MM.
Anatomie.....	CRUVEILHIER.
Physiologie.....	
Chimie médicale.....	ORFILA.
Physique médicale.....	
Histoire naturelle médicale.....	
Pharmacie.....	DEYEUX.
Hygiène.....	DES GENETTES.
Pathologie chirurgicale.....	{ MARJOLIN, <i>Examineur</i> .
	{ ROUX.
Pathologie médicale.....	{ DUMÉRIL, <i>Président</i> .
	{ ANDRAL.
Opérations et appareils.....	RICHERAND.
Thérapeutique et matière médicale.....	ALIBERT, <i>Examineur</i> .
Médecine légale.....	ADELON.
Accouchemens, maladies des femmes en couches et des enfans nouveau-nés.....	MOREAU.
	{ LEROUX, <i>Suppléant</i> .
Clinique médicale.....	{ FOUQUIER.
	{ CHOMEL, <i>Examineur</i> .
	{ BOYER.
Clinique chirurgicale.....	{ DUBOIS.
	{ DUPUYTREN.
Clinique d'accouchemens.....	

Professeurs honoraires.

MM. DE JUSSIEU, LALLEMENT.

Agrégés en exercice.

MM.	MM.
BAUDELLOCQUE, <i>Suppléant</i> .	DUBLED.
BAYLE.	DUBOIS.
BÉRARD.	GERDY.
BLANDIN.	GIBERT.
BOUILLAUD.	HATIN.
BOUVIER.	LISFRANC.
BRIQUET.	MARTIN SOLON.
BRONGNIART.	PIOREY.
CLOQUET.	ROCHOUX.
COTTEREAU.	SANDRAS.
DANCE.	TROUSSEAU, <i>Examineur</i>
DEVERGIE.	VELPEAU, <i>Examineur</i> .

Par délibération du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, qu'elle n'entend leur donner ni approbation, ni improbation.

A MES ONCLES ,

L'ABBÉ ROUGEOT ,

LE DOCTEUR ROUGEOT-DESSESARTZ ,

LE DOCTEUR LEBLOND.

*Témoignage d'un respectueux attachement et d'une vive
reconnaissance.*

C.-C. PERSON.

THÉORIE DU GALVANISME.

1. LES phénomènes que déterminent les courans électriques forment aujourd'hui une des parties les plus importantes de la physique. En traversant ce que nous appelons *le vide*, ils y décèlent la matière pondérable par la lumière qui se produit (1); dans les corps, ils déterminent, en général, une répulsion entre les atomes, ainsi que cela résulte des expériences de M. *Ampère*. Les métaux traversés par un courant rougissent, se fondent et se volatilisent; le charbon entre en incandescence, et peut y rester des heures entières sans éprouver la moindre altération. Dans les corps composés, le courant produit des décompositions et le transport des atomes dans un sens déterminé; de là la théorie électro-chimique et une foule de découvertes,

(1) En effet, il résulte des expériences de *Davy* (Trans. phil. pour 1821) que dans la chambre barométrique la lumière croît avec la chaleur, et par conséquent avec la densité de la vapeur mercurielle. A — 29° centig., la lumière est si faible, qu'il faut une grande obscurité pour l'apercevoir; et quand la machine n'est pas très-forte on ne voit plus rien, quoique l'électricité continue de passer; la lumière reparait si l'on fait arriver une petite quantité d'air; elle est de la phosphorescence la plus pâle dans le baromètre d'étain. Sa couleur dépend d'ailleurs de la matière du baromètre, elle est verte avec le mercure, jaune avec l'étain, rouge avec l'huile d'olive, et du blanc le plus pur avec le proto-chlorure d'antimoine.

depuis la décomposition de l'eau par *Carlisle* et *Nicholson*, et celle des alcalis par *Davy*, jusqu'à la reproduction des cristaux minéralogiques par M. *Becquerel*. Mais le courant n'agit pas seulement sur les corps qu'il traverse; son action s'étend à distance: 1°. sur les aimants, d'où les phénomènes électro-magnétiques découverts par M. *OErsted*; 2°. sur d'autres courans, comme l'a prouvé M. *Ampère*, qui en a déduit une nouvelle théorie du magnétisme; 3°. enfin, sur presque tous les corps, ainsi que cela résulte des expériences de M. *Savary*.

2. Si, par leur action sur les corps inorganiques, les courans établissent un rapprochement intime entre la chimie et la physique, par leur action sur les corps organisés la physique se trouve également liée à la physiologie. On conçoit facilement qu'une force capable de détruire les combinaisons les plus stables dans la matière inorganique doit agir avec énergie sur les corps organisés, où les combinaisons, en général, sont si instables; c'est ce que de nombreuses expériences ont déjà fait voir; mais, de tous les organes, les nerfs sont incontestablement ceux que le courant affecte le plus aisément, et dans lesquels, en même temps, il est le plus facile de constater son action, soit par les sensations, soit par les mouvemens qui en résultent. Là se trouve un vaste champ de recherches, exploité surtout depuis la découverte de *Galvani*: en effet, les phénomènes qu'on est convenu d'appeler *galvaniques* se réduisent toujours à l'action des courans électriques sur les nerfs. Considérées sous ce point de vue, les expériences galvaniques sont des moyens d'étudier ces organes, et la physiologie leur doit déjà des faits du plus haut intérêt; mais il est évident que pour tirer quelque résultat de ces expériences, il faut pouvoir y distinguer nettement la partie physique de la partie physiologique. Il nous a semblé que la science en fournissait les moyens: on a aujourd'hui des idées plus justes et plus étendues sur les sources de l'électricité; on possède des instrumens qui font reconnaître la marche du courant à travers les organes, sa direction et son intensité. C'est en profitant de ces avantages et des travaux d'une foule d'expérimentateurs que nous avons étudié les phénomènes galvaniques; nous

présentons ici un résultat de nos recherches ; c'est l'explication des expériences au moyen d'un certain nombre de faits auxquels les phénomènes galvaniques se réduisent, et par lesquels on peut résoudre ce problème, qui est le vrai *criterium* d'une théorie : étant données les circonstances d'une expérience, déterminer d'avance quel en sera le résultat.

3. Ces faits, qui servent de base aux explications, appartiennent soit à la physique, soit à la chimie, soit à la physiologie ; les uns sont connus depuis long-temps, nous ne ferons que les indiquer ; les autres sont nouveaux, ou sont fournis par les expériences galvaniques elles-mêmes ; dans ce cas, nous les démontrerons. Ici, nous ne nous sommes occupés que des expériences dont les circonstances sont assez bien définies pour qu'on puisse les reproduire à volonté ; nous n'avons cherché à expliquer aucune de celles qui ne réussissent qu'accidentellement. Nous n'admettons pas le développement de l'électricité par le simple contact des substances hétérogènes (1) ; les travaux d'un grand nombre de physiciens, et notamment de MM. *Becquerel* et *de la Rive*, ont mis hors de doute le développement de l'électricité par l'action chimique ; or, dans les expériences fondamentales de *Volta*, il y a des actions chimiques dont ce physicien n'a tenu aucun compte, de sorte que les explications fondées sur sa théorie ont le double désavantage de reposer sur des faits qui ne sont pas démontrés, et de ne pas tenir compte de faits qui le sont. Les seuls courans dont l'existence soit aujourd'hui prouvée sont :

- 1°. Les courans hydro-électriques ou dus à l'action chimique.
- 2°. Les courans dus à l'électricité libre.

(1) Les expériences de M. *Pfaff* (Défense de la théorie de *Volta*, Ann. de chim. et de phys., t. 41. p. 236), sont encore compliquées des pressions et des frottemens qu'entraîne nécessairement l'emploi de l'électromètre condensateur. D'ailleurs M. *de la Rive* a obtenu des résultats entièrement opposés. L'expérience de M. *Matteucci*, même Journal, n°. de septembre 1830, nous paraît sans valeur.

3°. Les courans thermo-électriques.

4°. Les courans dus à l'électricité animale.

4. On explique généralement aujourd'hui les phénomènes électriques en admettant l'existence de deux fluides, doués de certaines propriétés; nous emploierons cette hypothèse comme un moyen commode d'exposer les faits.

Le courant électrique consiste dans la réunion des deux électricités, et l'on est convenu d'indiquer le sens du courant par la direction de l'électricité vitrée.

5. La grenouille, convenablement préparée, c'est à dire ayant des nerfs à nu et complètement isolés, est encore l'instrument le plus délicat pour reconnaître les courans, dont elle peut même indiquer le sens dans certains cas (XI). Mais nous ne devons pas nous en servir avant d'avoir prouvé que ses contractions, dans les expériences galvaniques, sont effectivement dues à un courant. Nous emploierons le galvanomètre multiplicateur (1), qui peut se réduire, par la pensée, à un fil métallique passant près d'une aiguille aimantée, qui entre en mouvement quand le fil est traversé par un courant. Une règle due à M. *Ampère* fait connaître le sens du courant d'après le sens de la déviation de l'aiguille : cet instrument, qui est le galvanomètre de *Schweiger*, n'accuse que les courans d'une certaine durée; le courant instantané produit par la décharge d'une bouteille de *Leyde* ne fait pas dévier l'aiguille. Mais pour avoir un instrument sensible aux courans instantanés, il suffit de changer l'aiguille d'acier en une aiguille de fer. Le fer du commerce est en général assez carburé pour garder des pôles, et en même temps sa force coercitive est assez petite pour qu'un faible courant puisse les changer. Comme l'aiguille est suspendue, la terre, en la retournant, fait connaître le chan-

(1) Pour constater les faibles courans qui ont lieu dans les expériences galvaniques, il faut un instrument très-sensible. Celui dont nous nous servons a deux aiguilles fort légères de 20 millim. de longueur; le fil pèse 37 grammes; il a 120 mètres et fait 1,200 tours.

gement qui a eu lieu dans l'aimantation. Ce galvanomètre est assez délicat pour accuser un courant incapable de donner la moindre étincelle ou la moindre sensation. La règle de M. *Ampère* fournit encore ici le moyen de reconnaître le sens du courant. Les exceptions à cette règle, observées par M. *Savary*, dans le cas des courans instantanés, n'ont jamais lieu ici, parce que l'aiguille est de fer et que le fil est très-long.

I.

Le tissu musculaire, après la mort, ou lorsqu'il est complètement séparé du corps de l'animal, conserve quelque temps la propriété de se contracter.

6. Ici nous voulons seulement constater cette propriété, qui est l'*irritabilité* de *Haller*. On la voit se manifester spontanément dans les muscles qui ne sont pas soumis à l'empire de la volonté; ainsi les battemens de cœur continuent, la vessie se vide, le mouvement vermiculaire s'établit dans les intestins, etc., mais en général il faut une cause extérieure. Or si l'on excepte les stimulans propres aux sens, comme la lumière, le son, etc., tout ce qui excite la sensibilité excite aussi la contraction musculaire. Qu'on prépare une cuisse de grenouille de manière que le nerf sciatique soit isolé dans une certaine étendue, on déterminera des contractions dans toute la jambe en piquant le nerf, le coupant, le pinçant, le touchant avec un acide, un fer chaud, etc.; une ligature arrêtera tous les effets. Il n'est pas de notre sujet d'examiner si l'irritabilité est indépendante des nerfs, nous remarquons seulement, comme on le sait depuis long-temps, que quand les stimulans sont appliqués directement à la substance musculaire, l'effet se borne presque aux fibres intéressées.

7. Nous avons cité l'exemple de la grenouille, parce que l'irritabilité est très-marquée et dure long-temps chez cet animal. Mais des expériences très-nombreuses et très-connues prouvent qu'on peut ici généraliser. Il pourra bien ne pas en être de même des autres faits

physiologiques que nous indiquerons, on ne devra les appliquer à la rigueur qu'à l'animal qui les aura fournis.

II.

L'action du courant électrique sur les nerfs doit être provisoirement assimilée à celle des stimulans mécaniques ou chimiques, de sorte qu'elle a lieu quelque petite que soit l'étendue suivant laquelle le nerf est traversé.

8. Ayant préparé une cuisse de grenouille comme dans l'expérience précédente, si l'on fait passer un courant à travers l'épaisseur du nerf, par exemple en le touchant avec les pôles d'une pile, on observera de violentes contractions. L'effet aura lieu, quelque rapprochés que soient les pôles; de même que dans l'expérience précédente, une ligature empêchera tout effet, pourvu qu'elle soit placée entre la patte et le trajet du courant. *Haller* avait déjà remarqué que de tous les stimulus de l'irritabilité il n'en est pas de plus puissant que l'étincelle électrique, qu'on sait maintenant être un courant instantané. Mais les courans continus, comme l'expérience le prouve, ont aussi une grande influence, et la proposition d'*Haller* peut s'y appliquer. Cette action si remarquable du courant sur les nerfs reste encore sans explication. Il n'est nullement nécessaire, pour qu'elle ait lieu, que le courant suive le nerf dans toute sa longueur et parcoure ses ramifications. Cette manière de voir est une hypothèse tout à fait gratuite; si l'on s'en tient aux résultats de l'expérience, on reconnaîtra qu'un nerf, soit pendant la vie, soit après la mort, pendant la période de l'irritabilité, est dans une condition telle, que tout ce qui charge d'une certaine manière la position relative de ses molécules peut occasioner une sensation ou un mouvement: ainsi l'action du courant électrique doit être provisoirement assimilée à celle des stimulus mécaniques ou chimiques. Mais cette action est infiniment plus puissante, elle peut se renouveler un grand nombre de fois, parce

qu'elle n'entraîne pas de désorganisation. On n'a aucune donnée certaine sur les phénomènes moléculaires qui se passent dans un nerf traversé par le courant; cependant on sait que ces phénomènes changent avec le sens du courant (XI), ce qui prouve que son action a une certaine régularité qu'on n'observe pas avec les autres stimulus.

9. Les muscles de la vie organique qui se contractent spontanément après la mort continuent à se contracter lors même que le courant n'agit plus sur eux. Voici une expérience due à M. de Humboldt, et qui met bien ce fait en évidence. Le cœur d'une carpe était tellement affaibli, qu'on n'y observait plus qu'une pulsation en quatre minutes, et toutes les irritations mécaniques n'y occasionaient pas la moindre accélération. On le soumit à l'action d'un courant, puis on l'abandonna à lui-même. Les pulsations se manifestèrent de la manière suivante :

Dans la 1 ^{re} . minute ,	35 pulsations.
2 ^e .	31
3 ^e .	23
4 ^e .	12
5 ^e .	3

Une seconde application du courant porta le nombre des pulsations à 25 par minute. Ces expériences réussissent particulièrement sur des poissons. Cependant M. de Humboldt a obtenu des effets analogues sur un renard, sur deux lapins et sur un rat. Fowler a également changé les pulsations du cœur dans les animaux à sang chaud.

COURANS HYDRO-ÉLECTRIQUES.

III.

Il y a développement d'électricité pendant les actions chimiques.

Ce fait, qui a été mis tout à fait hors de doute par M. *Becquerel*, peut se démontrer au moyen des expériences suivantes.

10. *Première expérience.* Sur une plaque de verre, on pose une goutte d'acide nitrique; deux petites lames de platine qui forment les extrémités du galvanomètre (1) plongent dans cette goutte sans se toucher. Quand la surface du platine est parfaitement nette, il n'y a pas de courant, puisque ce métal est inattaquable par l'acide nitrique. Mais si on mouille l'extrémité d'une des lames avec de l'acide hydrochlorique, et qu'on la replonge dans la goutte d'acide nitrique, il se formera un peu d'eau régale; la lame sera attaquée, et un courant se manifestera par une déviation de 40 à 50 degrés. Ce courant cesse dès que le mélange des deux liquides est effectué, et il n'aurait pas lieu si les deux lames étaient attaquées. Le sens de la déviation de l'aiguille fait reconnaître que le courant suit le fil du galvanomètre en allant de l'extrémité non attaquée à celle qui l'est, d'où l'on conclut qu'à la surface où a lieu l'action chimique le métal s'électrise résineusement tandis que le liquide prend l'électricité vitrée.

11. *Deuxième expérience.* Sur une lame de verre, on place très-près l'une de l'autre une goutte d'acide sulfurique et une goutte de dissolution de potasse. On plonge dans ces liquides les lames de platine

(1) Pour terminer à volonté les extrémités du galvanomètre de telle ou telle manière, on plonge les extrémités A et B du fil (*fig. 1*) dans deux petits godets, C D, contenant du mercure, d'où partent ensuite les différentes pièces métalliques, E G, dont on veut faire usage. Le mercure assure parfaitement les communications.

qui forment les extrémités du galvanomètre. Lorsque les gouttes viennent à se toucher, une action chimique a lieu, et de là un développement d'électricité accusé par une déviation de 50 à 60 degrés. Ici le métal n'agit que comme conducteur, puisqu'il est inattaquable par les deux liquides. On reconnaît que le courant va de l'acide à l'alcali à travers le galvanomètre, ainsi l'acide s'électrise vitreusement et l'alcali prend l'électricité résineuse.

12. Maintenant que les courans qui ont lieu dans ces expériences sont démontrés, nous pouvons remplacer le galvanomètre par une grenouille, et nous verrons des contractions se manifester quand le courant dû à l'action chimique traversera les nerfs. On pose sur une lame de verre une grenouille préparée à la manière de *Galvani*; une des lames de platine est mise en contact avec le tronçon de la colonne vertébrale et l'autre avec les cuisses (*fig. 2*). Les autres extrémités des lames plongent, toujours sans se toucher, l'une dans une goutte d'acide, l'autre dans une goutte d'alcali. Les contractions peuvent manquer si le mélange des liquides se fait lentement (45), mais elles ont toujours lieu, soit quand on interrompt le courant en enlevant une des lames, soit quand on le rétablit en la remplaçant. On pourra remarquer que l'effet est plus manifeste quand c'est avec l'acide que se trouve en rapport la lame qui touche la partie supérieure des nerfs (36).

IV.

Lorsqu'un arc d'un ou de plusieurs métaux est en contact avec un liquide qui agit inégalement en deux points, il s'établit un courant qui, dans l'arc métallique, va du point le moins attaqué à celui qui l'est le plus.

13. Dans de l'eau contenant un dixième environ d'acide nitrique, on plonge les deux extrémités du fil du galvanomètre, qui est de cuivre; si les surfaces plongées sont égales, l'aiguille reste immobile; mais elle se dévie, si l'une des extrémités du galvanomètre présente à

l'action de l'acide une plus grande surface que l'autre , par le sens de la déviation de l'aiguille on reconnaît que l'électricité vitrée se dirige , à travers le fil , de l'extrémité la moins attaquée vers celle qui l'est le plus. On voit que le courant n'a lieu qu'en vertu de la différence d'action aux deux extrémités du fil ; aussi la déviation augmente-t-elle , si l'une d'elle est terminée par une plaque d'une certaine étendue.

14. On obtient de plus grands effets encore quand l'instrument se termine d'une part par un métal très-oxydable , comme le zinc , le plomb , l'étain , et de l'autre par un métal peu oxydable , comme le cuivre , l'argent , l'or , le platine. L'eau , dans ce cas , n'a pas besoin d'être acidulée , elle agit assez sur le zinc pour produire un courant très-marqué. Il se forme de l'oxyde de zinc , qui se change en carbonate au contact de l'air. On conçoit que le sens du courant change si le liquide attaque le cuivre de préférence : c'est ce qu'on peut vérifier en versant dans l'eau quelques gouttes d'hydro-sulfate sulfuré de potasse , ou bisulfure de potassium. On voit la déviation de l'aiguille décroître puis se faire en sens inverse , et il se forme du sulfure noir de cuivre , tandis que le zinc est à peine terni.

15. La condition essentielle à l'établissement du courant est que l'arc d'un seul métal ou de plusieurs métaux soit inégalement attaqué par le liquide : là se trouve l'explication d'un grand nombre d'expériences.

Wolluston a fait voir que si l'on plonge dans de l'eau contenant un peu d'acide sulfurique une lame de zinc et une lame de cuivre qui ne se touchent pas , il n'y a qu'un faible dégagement de gaz ; mais qu'au moment où les lames se touchent , soit en dedans , soit en dehors du liquide , les bulles paraissent en abondance et *recouvrent les deux métaux*. Nous savons maintenant que par l'action chimique qui a lieu à la surface du zinc ce métal s'électrise résineusement , tandis que le liquide prend l'électricité vitrée. Quand le zinc est seul , les fluides ne peuvent se réunir qu'à la surface attaquée : or , on conçoit que l'action qui les a séparés met plus ou moins d'obstacle à leur

réunion. Mais le cuivre qui touche le zinc, et par conséquent partage son état électrique, présente dans le liquide une surface par laquelle les deux électricités peuvent se réunir; il suffit pour cela que l'action chimique y soit moindre que sur le zinc. On voit qu'il importe peu que le contact ait lieu en dehors ou en dedans du liquide, que les métaux forment un anneau ou une seule masse, qu'ils soient plongés en totalité ou en partie. *M. de la Rive* a fait voir que l'action de l'eau acidulée est plus forte sur le zinc quand il est entouré d'un fil de platine, et que le zinc du commerce, qui contient des métaux étrangers, est plus vivement attaqué que le zinc pur; ces expériences rentrent dans celle de *Wollaston*. La même explication s'applique à l'établissement des courans qui favorisent la formation de l'arbre de Diane, de Saturne, etc. On remarquera, dans ces expériences, que le fer, par exemple, qui plonge dans une dissolution de plomb se recouvre de lamelles métalliques, en même temps que ces lamelles s'agrandissent; d'où l'on peut conclure que les deux métaux qui se touchent ont le même état électrique vraisemblablement.

16. Puisque l'eau pure agit sur le zinc, on doit croire qu'à plus forte raison il y a une action chimique au contact de ce métal avec la sérosité, le sang, les muscles, les nerfs humides, etc. Cette action ne doit pas être examinée ici; il nous suffit de signaler son existence, de constater qu'elle est indépendante de l'organisation, et que, pour le sens du courant qui en résulte, les choses se passent comme si le métal était en contact avec l'eau légèrement salée. Quelle que soit la substance animale que l'on considère, le zinc s'électrise toujours résineusement, tandis que les muscles, les nerfs, la substance cérébrale, etc., prennent l'électricité vitrée. Soit, par exemple, un muscle A, *fig. 3*, désorganisé ou non, posé par une extrémité sur une pièce de zinc, et par l'autre sur une pièce de cuivre, si l'on met les deux métaux en communication par le fil du galvanomètre, et si réellement, au contact des chairs humides et du zinc, il y a une action chimique dans laquelle les muscles prennent l'électricité vitrée et le zinc l'électricité résineuse, le fluide vitré, passant des parties molles

dans le cuivre et de ce métal dans le galvanomètre , pour se réunir au fluide résineux du zinc , devra faire dévier l'aiguille dans un sens déterminé ; c'est ce que l'expérience fait voir en effet. On peut encore reconnaître l'existence et la direction du courant en réunissant les deux métaux par un arc métallique quelconque , D E, et en enfonçant les pôles du galvanomètre dans le muscle. En répétant cette expérience avec diverses substances animales , des nerfs d'un côté , des muscles de l'autre , on voit que le courant s'établit toujours dans le même sens , et que son intensité dépend seulement de l'étendue de l'action chimique et de la facilité des communications. Il est évident que si on mouille les substances animales avec de l'eau acidulée , l'action chimique et, par conséquent, le courant seront augmentés ; les effets physiologiques le seront aussi ; mais ce serait à tort qu'on en concluerait , comme l'a fait il y a fort-long-temps M. de Humboldt, que les acides agissent, dans ce cas, en augmentant l'irritabilité.

17. *Expérience de SULZER* (1). Une pièce de zinc et une pièce de cuivre

(1) L'expérience de *Sulzer*, rapportée dans un petit ouvrage imprimé en 1767, et intitulé *Théorie du plaisir*, est généralement regardée comme l'expérience galvanique la plus ancienne ; mais M. *Duméril* a fait connaître un passage de *Swammerdam* *, où l'on trouve la description et la figure d'une véritable expérience galvanique qui remonterait au moins à 1669. Pour provoquer la contraction dans un muscle de grenouille , *Swammerdam*, au moyen d'un fil d'argent , met le nerf isolé en contact avec un anneau de laiton , et l'on voit manifestement par la figure que les deux métaux qui touchaient le nerf devaient aussi se toucher. Ainsi toutes les circonstances sont réunies, et l'expérience jusque-là est purement galvanique. Mais *Swammerdam* veut que *filum argenteum edusque protrahatur donec nervus interpressus irritetur* ; de sorte que le phénomène est complexe , la contraction étant due en partie au contact et en partie à la pression. L'action mécanique est d'ailleurs la seule cause que *Swammerdam* ait remarquée.

* Bible de la nature , t. 2 , p. 849 , édit. 1758.

étant mises en contact avec la surface de la langue, on éprouve, au moment où les métaux se touchent une saveur plus ou moins marquée. En se servant du galvanomètre pour les mettre en communication, on reconnaît l'existence d'un courant qui fait dévier fortement l'aiguille; par l'action de la salive sur le zinc, ce métal s'électrise résineusement, tandis que la langue prend l'électricité vitrée; les deux fluides se réunissent ensuite par l'intermédiaire du cuivre et du fil du galvanomètre. Au lieu de cuivre et de zinc, on peut employer dans cette expérience deux pièces du même métal; on ne perçoit plus alors de saveur, mais le galvanomètre, plus sensible dans ce cas que l'organe, fait reconnaître un courant, pourvu que les surfaces métalliques en contact avec la salive soient assez inégales. L'expérience de *G. Hunter* s'explique absolument de même: l'éclair qu'on aperçoit prouve que le courant passe par les nerfs de l'œil.

18. Dans l'expérience avec la grenouille, telle qu'on la dispose ordinairement (*fig. 4*), il y a une action chimique entre l'humidité des nerfs et le zinc; l'électricité vitrée qui en résulte passe dans les organes, la résineuse reste dans le zinc. La recombinaison est en partie empêchée, parce qu'il faudrait qu'elle se fît précisément par les points où a lieu l'action chimique; mais quand l'arc métallique *M* réunit les deux métaux, le courant peut s'établir, et *s'il passe par les nerfs* on observe des contractions. On voit par cette explication que la large plaque de cuivre *C* ne sert qu'à multiplier les points de contact et, par conséquent, à faciliter la transmission de l'électricité; on peut s'en passer et mettre directement en contact avec les muscles l'arc *M*, pourvu qu'il ne soit pas de zinc.

19. On observe en général dans cette expérience que la contraction est plus forte quand on ne touche le zinc qu'en dernier lieu. Il est évident qu'en touchant avec l'arc métallique tenu à la main soit le zinc, soit les muscles, on permet à une portion de l'électricité de s'écouler dans le sol, et on diminue d'autant celle qui doit donner lieu au courant. Mais les muscles, qui sont des conducteurs imparfaits, transmettent à l'arc et, par conséquent, au sol moins d'électri-

cité que ne l'aurait fait le zinc, si on l'eût touché le premier ; la perte étant moindre, il s'ensuit que le courant est plus fort au moment où le circuit se ferme, et que la contraction doit être plus violente. Les différences dépendantes de l'ordre des contacts disparaissent quand on tient l'arc par un manche isolant.

20. Toutes les expériences où l'on se sert d'un seul métal s'expliquent par la différence des actions chimiques aux deux surfaces en contact avec les organes.

21. Il arrive quelquefois que les actions chimiques ont lieu ailleurs qu'au contact des métaux avec les organes. Prenons pour exemple une expérience de M. de Humboldt, rapportée par Hallé, mais sans explication (1). Le nerf d'une cuisse de grenouille étant posé sur une pièce d'argent A et une pièce de zinc Z, étant en contact avec l'argent ; si on établit une communication entre le zinc et les muscles au moyen d'un arc d'argent, il n'y a pas de contraction. Les actions chimiques, en effet, n'ont lieu qu'entre les parties molles et des surfaces sensiblement égales d'un métal peu oxydable ; mais si on humecte le zinc, soit avec l'haleine, soit en y posant une goutte d'eau, en vertu de l'action chimique, l'humidité prendra l'électricité vitrée, tandis que le zinc, l'argent A et les muscles s'électrifieront résineusement ; l'arc d'argent, établissant ensuite une communication entre la goutte d'eau et les muscles, donnera lieu au courant, et des contractions se manifesteront. On voit qu'une condition essentielle est que l'arc d'argent touche *seulement* le liquide posé sur le zinc et non le métal. Le courant qui a lieu dans cette expérience peut être facilement constaté avec le galvanomètre, il suffit pour cela d'employer l'instrument au lieu de l'arc pour établir la communication.

(1) Premier compte rendu à l'Institut sur le galvanisme, p. 86.

V.

Dans les substances imparfaitement conductrices, le courant ne se propage pas uniquement par le chemin le plus court.

22. Qu'on enfonce les pôles A B d'une pile (*fig. 6*) dans un morceau de drap humide, qu'on fasse ensuite aboutir les extrémités du galvanomètre à des points E G situés hors de la ligne de jonction A B, on verra l'aiguille se dévier conformément au sens du courant amené par la pile. Ainsi une portion du courant s'écarte de la droite A B, arrive, par exemple, en E, quitte le drap humide, qui est un conducteur imparfait, s'engage dans le fil métallique du galvanomètre, et rentre dans le drap par le point G pour aboutir enfin au pôle B.

En remplaçant le galvanomètre de *Schweiger* par le galvanomètre pour les courans instantanés, et faisant ensuite passer la décharge d'une bouteille de Leyde par les points A et B, on reconnaîtra que la proposition s'applique également aux courans instantanés.

On obtiendra des effets semblables en substituant au drap humide un muscle, un membre, de la substance cérébrale, un liquide, etc. Il suit de là qu'un courant engagé dans les substances animales a véritablement une certaine largeur, et peut agir sur des points situés en apparence hors de sa direction.

23. La proposition que nous venons de démontrer explique ce qui se passe dans plusieurs expériences galvaniques faites sous l'eau. Au fond d'un vase plein d'eau (*fig. 7*), on pose une cuisse de grenouille dont le nerf est isolé et touche une lame de zinc Z. On observe qu'une lame de cuivre C, mise en contact avec le zinc, n'a pas besoin de toucher les muscles pour que le courant soit établi; il suffit qu'elle plonge plus ou moins dans le liquide. La *figure* fait voir la disposition des courans qui résultent de l'action de l'eau et du nerf sur le zinc. La condition essentielle pour que la convulsion ait lieu est le passage d'un courant par le nerf; or, cette condition peut être rem-

plie, alors même que l'organe n'est pas sur le plus court chemin qui mène du zinc au cuivre. Le courant passant en très-grande partie dans le liquide qui entoure le nerf, la contraction doit être moins forte que dans l'air, où l'électricité est forcée de passer seulement par le nerf qui est isolé.

VI.

Un courant qui détermine de violentes contractions quand il agit sur un nerf n'occasions que des mouvemens fibrillaires s'il passe seulement par les muscles.

24. On dispose une cuisse de grenouille de manière que le nerf touche une pièce de zinc Z, tandis que la patte est en contact avec une pièce de cuivre (*fig. 8*). L'action chimique des chairs humides sur le zinc donne lieu à une décomposition d'électricité, le zinc devient résineux, et la substance animale prend l'électricité vitrée. Si l'on fait communiquer les deux métaux avec un arc métallique M, il s'établit un courant dans le sens marqué par les flèches, ainsi qu'on peut s'en assurer en se servant du galvanomètre pour établir la communication. On voit que le courant est forcé de passer par le nerf qui est isolé; aussi les contractions sont-elles très-fortes. Mais si le zinc est en contact immédiat avec les muscles de l'extrémité de la cuisse, le courant ne sera plus forcé de suivre le nerf qui est engagé dans les chairs, et on observera à peine quelques contractions fibrillaires. Cependant le courant sera plus fort dans ce second cas, comme on peut s'en assurer avec le galvanomètre, et comme cela doit être, puisque la surface de zinc attaquée est plus étendue.

25. On peut encore faire l'expérience de la manière suivante : d'une main on tient une cuisse de grenouille, dont le nerf est isolé; de l'autre, on tient une tige de cuivre. On met l'extrémité du nerf en contact avec une plaque de zinc, que l'on touche en même temps avec l'autre métal : il y a une vive contraction au moment du contact. Cette expérience est remarquable, en ce qu'on a peine à

croire que la convulsion, qui est très-prononcée, puisse être due simplement à l'action chimique qui a lieu au contact du zinc et de l'extrémité humide du nerf, d'autant plus que le courant, déjà très-faible, doit traverser l'observateur lui-même; mais le phénomène a lieu de même quand on termine le nerf par un morceau de fil mouillé qui touche le métal. Par la disposition de l'expérience, on voit que le courant est forcé de passer par le nerf; mais si l'on touche la plaque de zinc avec l'extrémité toute entière de la cuisse, l'électricité passera presque exclusivement par les muscles, qui offrent un volume très-considérable par rapport au nerf, et la contraction ne se produira plus.

Quand le nerf isolé touche le zinc, on peut, à la rigueur, faire l'expérience avec un seul métal, c'est à dire toucher le zinc avec un doigt humide; l'essentiel est que l'action chimique ne soit pas la même au contact du nerf et à celui du doigt. On agrandit les effets en mouillant le nerf ou le doigt avec un acide.

Nous concluons de ces expériences, qu'un courant très-faible produit un grand effet quand il agit sur un nerf, tandis qu'en agissant sur les muscles il occasionne à peine quelques contractions fibrillaires. Il est évident, du reste, que quand on fait passer un courant très-intense à travers un membre il peut y avoir convulsion générale, si le nerf, quoique engagé dans les chairs, se trouve sur le passage de l'électricité. Cela ne s'observe pas avec les courans très-faibles, parce que l'espèce de dispersion (V) qu'éprouve un courant dans un conducteur imparfait réduit à trop peu de chose ce qui passe par le nerf.

26. Les muscles organiques font exception à la proposition : ainsi un courant qu'on fait agir sur le cœur produit toujours le même effet, quels que soient les points par lesquels il est appliqué, et *Flowen* n'a pas observé que les pulsations fussent beaucoup plus fortes ou plus fréquentes lorsqu'il agissait sur les nerfs pneumo-gastrique et grand sympathique.

VII.

Le névrilème est incapable d'isoler les courans les plus faibles qu'on puisse produire dans les expériences galvaniques, de sorte qu'un courant engagé dans un nerf, au lieu de suivre ses ramifications, passe dans les muscles dès que ceux-ci lui offrent un chemin plus court.

27. Après avoir préparé une grenouille à la manière de *Galvani*, on sépare les cuisses en coupant le bassin sur la ligne médiane; on pose une des jambes sur une plaque de zinc, et l'autre sur une plaque de cuivre (*fig. 9*) : il y a production d'électricité par l'action des chairs humides sur le zinc, qui devient résineux, tandis que les muscles prennent l'électricité vitrée. Au moment où l'on fait communiquer les deux métaux, le courant s'établit dans le sens indiqué par les flèches, ainsi qu'on peut le constater, en établissant la communication au moyen du galvanomètre. Les nerfs, étant isolés, sont nécessairement traversés par le courant, et il y a des contractions violentes dans les deux jambes; mais si l'on met les cuisses en contact l'une avec l'autre, les mouvemens s'arrêtent, d'où l'on conclut (VI) que le courant passe alors par les muscles qui lui offrent un chemin plus court.

28. Avec la même préparation, ou en isolant les nerfs sciatiques presque jusqu'au genou, on peut disposer l'expérience indiquée dans la figure 10, où l'on voit que l'une des cuisses est posée sur le nerf de l'autre; le courant alors fait contracter seulement la cuisse A, d'où l'on conclut, qu'au lieu de suivre la route des nerfs, il passe directement du nerf de A dans la cuisse B, et que par conséquent le névrilème n'est pas isolant. D'ailleurs, il est évident que dans ces expériences et dans une foule d'autres, le courant qui se développe à la surface extérieure du membre, et qui cependant passe par les nerfs, a dû traverser le névrilème pour arriver jusqu'à la pulpe nerveuse.

29. Nous avons vu (8) que la ligature du nerf arrête les effets du

courant quand elle est placée entre le trajet qu'il parcourt et le reste du membre : voici une expérience de M. de *Humboldt*, qui prouve que la ligature est sans effet quand elle est placée sur le trajet même du courant ; ce résultat confirme ce que nous avons dit de la conductibilité du névrilème. Le nerf sciatique d'une grenouille étant isolé, on pose son extrémité sur du zinc (fig. 11) et la jambe sur du cuivre. Lorsqu'on ferme le circuit par un arc métallique M, on voit de fortes contractions, et la ligature L ne les empêche pas, parce qu'elle ne fait que réduire le nerf au névrilème. Or, celui-ci étant conducteur, le courant continue sa route et passe par une partie du nerf située au-dessous de la ligature. M. de *Humboldt* avait observé, de plus, que le mouvement n'avait plus lieu quand on ramenait les chairs sur le nerf de manière à recouvrir la ligature. L'explication est aujourd'hui toute simple, c'est que le courant, au lieu de suivre le nerf, passe par les muscles (VI), et ne produit plus dès-lors que quelques mouvemens fibrillaires ; le galvanomètre prouve d'ailleurs directement que le courant passe alors par les muscles.

VIII.

Les métaux sont pour l'électricité des conducteurs beaucoup meilleurs que les nerfs ; ceux-ci ne conduisent pas mieux que les muscles, et leur conductibilité est sensiblement indépendante de leur organisation.

30. *Première expérience.* Sur une cuisse de grenouille on isole le nerf sciatique par ses deux bouts seulement, afin que sa partie moyenne reste plongée dans les chairs ; on coupe ensuite la jambe, comme le montre la fig. 12, et, au moyen des pôles A et B d'une pile, on fait passer un courant à travers le nerf. En mettant les pôles du galvanomètre en contact avec les chairs, on constatera que le courant, au lieu de suivre fidèlement le nerf, passe en partie par les muscles. Or, cet effet n'a plus lieu quand on remplace le nerf par un fil métallique ; il est impossible de trouver alors avec le galva-

nomètre aucun indice de courant dans les chairs. De cette expérience, on peut conclure que les métaux conduisent mieux que les nerfs (V).

31. *Deuxième expérience.* Sur une grenouille on isole les nerfs sciatiques depuis leur origine jusqu'au genou, en sorte qu'ils ne tiennent plus que par un tronçon de la colonne vertébrale; une jambe est placée sur du zinc, l'autre sur du cuivre; on établit la communication, et le courant a lieu dans le sens marqué par les flèches, (fig. 13). On met alors les deux pôles A B du galvanomètre en contact avec les nerfs, et l'on voit l'aiguille se dévier conformément au sens du courant. Les pôles doivent être formés par deux petites lames de platine; la déviation n'augmente pas si on coupe les nerfs en C et D; de là nous pouvons conclure que l'électricité, au lieu de suivre les nerfs, qui n'ont que quelques centimètres, passent de préférence et sensiblement en entier par le fil métallique, qui a 120 mètres. On voit encore ici que le névrilème n'isole pas, puisque l'électricité le traverse soit pour entrer dans le métal, soit pour en sortir. Du reste, il est évident que le courant affecte ici la pulpe nerveuse, puisque les convulsions ont lieu.

32. *Troisième expérience.* Soit A (fig. 14) le galvanomètre, B et C les deux fils qui plongent dans deux petites capsules contenant du mercure: dans la capsule D plonge aussi une petite lame de zinc, qui se rend dans un petit vase E, plein d'eau, d'où part une lame de platine; une lame pareille part de la capsule O. Par l'action de l'eau, le zinc devient résineux, tandis que le liquide, et par conséquent le platine, prennent l'électricité vitrée. Si on ferme le circuit par le nerf H, lié organiquement à la jambe, il s'établit un courant dans le sens marqué par les flèches, et l'aiguille est déviée d'une certaine quantité; mais le nerf, quoiqu'on l'entretienne humide, est un conducteur si imparfait, qu'une grande quantité d'électricité ne peut pas passer: aussi, au moment où l'on fait communiquer les deux lames

de cuivre par un fil métallique K, la déviation de l'aiguille devient 4 à 5 fois plus grande, lors même que le fil est très-long. Dans une expérience, le nerf avait 3 centimètres et le fil environ 300 mètres (1); ainsi, quoique 10,000 fois plus long, le fil conduisait mieux. La déviation ne change pas sensiblement quand on ôte le nerf, de sorte que la portion d'électricité qu'il conduit, quand le fil est en place, est à peu près nulle; les contractions de la jambe ont lieu, de sorte que le nerf est dans toute son intégrité, et que l'électricité passe bien réellement par la pulpe. On sait qu'un courant perd de son intensité en passant d'un conducteur métallique dans un conducteur humide, et *vice versâ*; or, l'électricité est obligée de passer du métal dans le nerf, puis du nerf dans le métal. Mais toute la différence ne peut pas être attribuée aux alternatives des conducteurs, car le fil métallique conserve encore une grande supériorité quand il touche les plaques par l'intermède d'un papier mouillé. On peut s'assurer, par des expériences analogues, qu'un nerf ne conduit pas mieux l'électricité que ne le fait un faisceau du même volume de fibres musculaires ou même un fil imprégné d'eau salée; aussi, quand on désorganise mécaniquement un nerf faisant partie du circuit, la déviation de l'aiguille ne change pas.

33. Puisque la différence de conductibilité entre les nerfs et les muscles est sensiblement nulle, et que le névritisme ne peut pas retenir les courans engagés dans les nerfs, il s'ensuit que le passage de l'électricité à travers un membre ou un organe complexe doit être fort irrégulier. Aussi, dans les expériences de M. *Wilson Philip*, où la digestion paraît avoir été entretenue par l'électricité après la section de la huitième paire (1), ce serait une erreur que de se représenter le courant suivant régulièrement les nerfs. Cette observation s'applique à une foule d'autres expériences qu'on expliquait en admettant

(1) C'était une bobine de trait revêtu de soie destiné à faire les galvanomètres.

(2) Influence of the voltaïc battery in obviating the effects of the division of the eighth pair. (*Philos. trans.*, for. 1822.)

gratuitement que l'électricité parcourait les ramifications nerveuses. Tous les tissus sont traversés à peu près indistinctement ; mais , comme nous l'avons vu (II), il suffit qu'un nerf soit affecté en un point pour que l'effet se propage dans toute sa longueur.

IX.

Un courant, quelles que soient sa direction et son intensité, n'occasionne plus de contractions quand il est établi d'une manière invariable.

34. On peut vérifier cette proposition sur une expérience galvanique quelconque, mais il faut beaucoup de précautions pour obtenir des contacts et, par conséquent, un courant vraiment invariables. Ordinairement les communications se font par un arc métallique tenu à la main ; or, les métaux peuvent se toucher par des surfaces plus ou moins larges. Si on se sert d'un fil, les contractions peuvent se prolonger indéfiniment, parce que les oscillations involontaires de la main occasionnent une série de contacts interrompus ; c'est même un moyen d'obtenir des contractions plus marquées et plus soutenues. Les organes eux-mêmes changent dans leurs mouvements leurs points de contact avec les supports, ce qui interrompt et renouvelle les communications, en même temps que cela influe sur l'action chimique, qui est elle-même variable. On évite ces causes d'erreur en amenant le courant par les pôles d'une pile, et en établissant les communications au moyen du mercure ; alors on peut constater que tout effet cesse après une ou deux convulsions ; seulement, ainsi que nous le verrons (XI), les contractions peuvent se reproduire au moment où l'on interrompt le circuit.

35. *Hallé* rapporte quelques expériences où l'on voit combien les causes que nous avons signalées ont d'influence pour prolonger les convulsions. La communication étant établie par un long fil de cuivre tenu à la main, les cuisses ont, dit-il, long-temps palpité par des convulsions réitérées ; le fil étant ensuite maintenu par un poids, les

convulsions, qui avaient eu lieu au moment du contact, ont cessé. Le fil étant toujours retenu par le poids, ses extrémités ont été *traînées* sur différentes parties de la surface des supports, les convulsions alors ont repris leur continuité comme lorsque le fil n'était maintenu qu'avec la main. Une cuisse de grenouille ayant été placée de manière que le nerf portait sur une lame de zinc et le muscle sur un plateau de cuivre argenté sur lequel reposait tout l'appareil, la cuisse eut des tressaillemens long-temps prolongés, sans que la disposition des parties ait été changée et sans autre communicateur que le plateau sur lequel elle reposait. On voit qu'ici le courant dû à l'action du nerf humide sur le zinc passait par le nerf, par les muscles, puis revenait au zinc par le plateau de cuivre argenté; à chaque mouvement la cuisse changeait ses supports avec le plateau, et le courant variait à cause de la variation des communications. Quand la convulsion cessait, *si*, pour lors, *on faisait glisser le nerf* de façon à changer seulement les points de son contact sans l'écarter de la lame de zinc qui lui servait de support, la convulsion et les tressaillemens se renouvelaient aussitôt. Ici la variation du courant tenait évidemment aux changements dans l'action chimique, nécessairement plus forte, sur une nouvelle surface de zinc où l'oxydation n'avait pas encore eu lieu.

D'après ce que nous avons dit (9), on voit que la proposition ne peut pas s'appliquer aux muscles de la vie organique.

X.

Quel que soit le sens du courant, quand celui-ci est très-intense, ou quand l'irritabilité est très-grande, il y a des contractions à l'établissement et à la rupture du circuit. — Loi de ces contractions. — Exceptions dues à l'état de vie.

36. Il n'est pas toujours possible de rencontrer des grenouilles assez irritables pour que les phénomènes que nous annonçons soient rendus

bien manifestes par la faible électricité qui a lieu dans les expériences galvaniques ordinaires, où la pile se réduit à un seul couple d'une très-petite surface; mais il est toujours possible de les observer en employant un courant plus énergique. Il nous a paru que 4 à 5 couples d'un pouce de surface excités par de l'eau pure ou légèrement acidulée suffisaient ordinairement. (Les animaux à sang chaud, exigent une pile beaucoup plus forte.) Pour faire l'expérience, on prépare une cuisse de grenouille, en isolant le nerf (*fig. 15*); on la pose sur une plaque de verre; on applique le pôle vitré en A et le pôle résineux en B ou sur la patte elle-même : le courant marche alors dans le sens de la flèche supérieure, c'est à dire dans le sens des ramifications du nerf, ce qui ne veut pas dire qu'il les suive. (VII). Dans cette disposition, nous dirons que le courant est *direct*. Si on renverse les pôles, c'est à dire si on met en A le pôle résineux, et en B, ou sur la patte, le pôle vitré, le courant ira dans le sens de la flèche inférieure, ou en sens inverse des ramifications, et nous dirons qu'il est *inverse*. L'expérience prouve que dans toutes ces dispositions il y a des convulsions au moment où le contact a lieu et au moment où il cesse; mais l'intensité des contractions n'est pas la même dans tous les cas, elle suit une loi très-régulière, qui a été indiquée par M. *Nobili*, de Reggio; seulement M. *Nobili* n'a pas observé de contractions à l'établissement du courant inverse, ce qui tient sans doute à ce qu'il n'a pas employé un courant assez fort.

COURANT DIRECT,

COURANT INVERSE,

ou dans le sens des ramifications.

ou en sens inverse des ramifications.

4 A l'établissement du circuit, contractions fortes.

1 A l'établissement du circuit, contractions faibles.

2 A la rupture du circuit, contractions faibles.

3 A la rupture du circuit, contractions fortes.

A mesure que l'irritabilité diminue ou que l'on emploie un cou-

rant moins fort, les contractions indiquées cessent d'avoir lieu ; les plus faibles disparaissent les premières, et dans l'ordre indiqué par les chiffres.

37. Cette loi peut se trouver en défaut dans deux cas : 1°. quand les organes ont été soumis antérieurement à des courans prolongés ; 2°. quand l'animal est vivant. Dans ce dernier cas les contractions peuvent manquer, parce que la volonté contrebalance jusqu'à un certain point l'effet du courant ; il suffit alors d'employer un courant plus énergique : on s'assure, du reste, que l'exception est due à la volonté, parce qu'elle n'a plus lieu si on agit sur le membre séparé de l'animal. Pendant la vie, les sensations déterminées par le courant peuvent occasionner des mouvemens volontaires, qu'on reconnaît à ce qu'ils sont généraux, et non pas bornés aux parties dont le nerf est traversé par le courant. Enfin, nous devons dire ici qu'une grenouille préparée, en coupant la colonne vertébrale très-haut, donne souvent des signes de sensibilité et de mouvement volontaire, du moins la patte se retire quand on la pince. Or, cet état rentre évidemment dans l'état de vie ; on le reconnaît d'avance à ce que les chairs sont palpitantes sans stimulus apparent.

38. Voici maintenant un procédé commode pour étudier la loi des contractions sur l'animal vivant. Après avoir fixé une grenouille sur une planche de liège, on isole le nerf sciatique d'un côté, et on coupe la cuisse près du bassin, en sorte que la patte ne soit unie au reste du corps que par le nerf. Dans cet état, le membre demeure encore long-temps sensible et soumis à la volonté. On établit ensuite un courant direct ou inverse à travers le nerf, soit en le touchant directement avec les pôles de la pile, soit, ce qui vaut mieux, en mettant l'un des pôles en contact avec le tronc et l'autre avec la patte. Il faut employer un courant un peu plus fort que dans les expériences galvaniques ordinaires, 1°. parce que l'animal est sur un support conducteur ; 2°. parce que la volonté contrebalance jusqu'à un certain point l'influence du courant. Mais avec un courant *suffisamment énergique*, et en faisant abstraction des mouvemens géné-

raux dus à une sensation, on constatera que, pendant la vie comme après la mort, sous l'influence d'un courant direct ou inverse, la patte se contracte, tant à l'établissement qu'à la rupture du circuit.

XI.

Généralement un courant direct ne produit des contractions qu'au moment où il s'établit, et un courant inverse n'en occasionne qu'au moment où il cesse. Pendant la vie, le courant inverse produit une sensation qui n'a pas lieu avec le courant direct.

39. On prépare une cuisse de grenouille en isolant le nerf sciatique depuis son origine jusqu'au genou. On la pose sur une plaque de verre, et avec les pôles d'une pile d'un seul couple on établit des courants, soit dans un sens, soit dans l'autre (*fig. 16*). Par exemple, le pôle vitré étant en A, et le pôle résineux en B, le courant est direct (4), et la secousse a lieu au moment où l'on établit le contact. Au contraire, le pôle résineux étant toujours en B, si le pôle vitré est en A', le courant est inverse; il n'y a pas de secousse quand le contact s'établit, mais il en a une quand il cesse. Il nous paraît résulter de là, que si les pôles étaient exactement opposés, de manière que le courant traversât le nerf perpendiculairement à son axe, il ne devrait y avoir de contraction ni à l'établissement ni à la rupture du circuit; mais la difficulté de mettre les pôles en opposition parfaite ne nous a pas permis de décider la question. Au lieu de mettre les deux pôles en contact avec le nerf, on peut toucher le nerf d'une part et les muscles de l'autre, les phénomènes restent les mêmes.

La contraction, quand le courant inverse cesse, étant constante et beaucoup plus forte que celle qui a lieu à la cessation du courant direct, elle a frappé depuis long-temps les observateurs: *Volta* et *Fowler* sont les premiers qui l'aient notée, en la désignant sous le nom de *secousse secondaire*, mais ils n'ont pas observé la relation avec le sens du courant; c'est à *Lhot* et à *Belinghieri*, de Turin, qu'on doit

cette découverte. M. *Marianini*, en l'étudiant sur l'animal vivant, a cru reconnaître que le courant direct produit des mouvemens, tandis que le courant inverse occasionne des sensations. Ce fait ne nous paraît pas encore tout à fait hors de doute; mais on peut s'assurer aisément que, ainsi que nous l'avons annoncé, le courant inverse produit une sensation qui n'a pas lieu avec le courant direct; il suffit pour cela d'employer la disposition indiquée (38), et on reconnaîtra que la proposition toute entière s'applique à l'animal vivant : en variant l'intensité du courant, on arrivera sans peine à des résultats incontestables.

40. Pour que la secousse secondaire ait lieu, il n'est pas nécessaire que le courant cesse tout entier, il suffit qu'il diminue brusquement. Soient A et B les pôles d'une pile (*fig. 17*), le positif A touchant les muscles, le négatif B touchant le nerf, de sorte que le courant est inverse : si l'on pose une tige métallique C entre les deux fils pôlaires, la plus grande partie de l'électricité passera de préférence par le meilleur conducteur, le courant sera brusquement diminué dans les organes, et on observera une violente contraction.

41. La proposition que nous venons de démontrer explique un grand nombre d'expériences galvaniques. Qu'on fasse l'expérience indiquée par la *fig. 9*, avec une grenouille déjà un peu fatiguée, la contraction n'aura pas lieu simultanément dans les deux jambes. Au moment où on mettra les deux métaux en communication, la cuisse placée sur le cuivre se contractera seule, parce que le courant est direct dans son nerf. Au contraire, quand on rompra la communication, ce sera la cuisse posée sur le zinc qui entrera en contraction, parce que le courant est inverse dans son nerf, et l'autre restera en repos.

Il n'est pas nécessaire, dans cette expérience, que les nerfs se tiennent par la moelle épinière; on peut les couper et les mettre en contact par leurs extrémités, ou même employer l'intermédiaire d'un conducteur quelconque, comme un fil humide, un morceau d'un seul métal, etc.

XII.

Modifications qu'éprouve l'irritabilité de la part des courans.

42. *Volta* a observé que , quand une grenouille préparée reste en communication avec les pôles d'une pile , elle perd en 25 ou 30 minutes la faculté de ressentir le même courant , et à plus forte raison un courant plus faible. Mais cette perte d'irritabilité n'est que relative ; car on obtient des contractions avec un courant peu intense , pourvu qu'il soit dirigé en sens inverse du premier. L'affaiblissement de l'irritabilité est au contraire absolu et très-rapide , quand le courant est discontinu , au lieu d'être continu , comme dans l'expérience de *Volta*. Qu'on dispose une grenouille ainsi que l'indique la *fig. 9* , qu'on mette les métaux en communication pendant cinq minutes : si au bout de ce temps on renouvelle le contact , la convulsion sera sensiblement aussi forte qu'elle l'était d'abord. Mais qu'on établisse un courant discontinu pendant cinq minutes , comme on peut le faire au moyen de contacts très-courts et très-rapprochés , on observera qu'au bout de ce temps l'irritabilité est excessivement affaiblie par les convulsions presque continuelles qui ont eu lieu. Comme dans cette expérience le courant est direct dans un nerf , et inverse dans l'autre , on pourra reconnaître que la cuisse où le courant est inverse cessera avant l'autre de se contracter. On s'assurera que la perte d'irritabilité n'est pas seulement relative au sens du courant , mais absolue , parce qu'elle s'observe encore lorsqu'on met sur le cuivre la cuisse qui était sur le zinc , et sur le zinc celle qui était sur le cuivre.

43. Puisque , d'après l'expérience de *Volta* , un courant continu affaiblit l'irritabilité , on concevra sans peine que , par une gradation lente , on puisse faire passer dans les nerfs des courans très-forts sans qu'il y ait contraction. Voici un procédé indiqué par M. *Marianini* , pour y parvenir : on fait aboutir les pôles d'une pile dans deux vases pleins d'eau ; d'une main on tient une grenouille préparée en contact

avec le liquide, et l'on plonge lentement dans le second vase un doigt de l'autre main, dont l'épiderme doit être très-sec.

44. Quelques expériences tendent à faire croire que les courans qui affaiblissent l'irritabilité, quand ils sont prolongés ou souvent répétés, peuvent au contraire la rétablir quand ils sont instantanés et d'une intensité convenable. Nous citerons deux expériences de *Hallé* :

« Une grenouille, qui avait été fatiguée par une suite d'expériences, cessait de se mouvoir au moment de la communication; mais le communicateur ayant été approché avec vivacité et relevé aussitôt, la susceptibilité de l'animal s'est rétablie, et le membre a éprouvé de nouvelles convulsions, qui ont continué tant qu'on a employé le même moyen. Une grenouille, épuisée par les épreuves galvaniques, et qui ne pouvait plus entrer en convulsion par le moyen des excitations les plus efficaces, a été approchée d'un électrophore chargé, et a reçu du plateau une étincelle qui l'a mise en convulsions; alors soumise aux appareils galvaniques ordinaires, elle a donné des preuves d'une susceptibilité très-marquée. »

COURANS PRODUITS PAR L'ÉLECTRICITÉ LIBRE.

Courans continus.

45. Mettons le fil du galvanomètre de *Schveiger* en communication, d'une part, avec les conducteurs d'une machine électrique, et de l'autre avec le sol ou avec les coussins, nous observerons, à chaque tour du plateau, une déviation de l'aiguille conforme à la règle de M. *Ampère*. Maintenant, que l'on prépare une grenouille à la manière de *Galvani*, qu'on attache le tronçon de la colonne vertébrale aux conducteurs, au moyen d'un fil métallique, tandis qu'un autre fil fait communiquer les pattes avec le sol ou avec les coussins, et qu'on mette la machine en mouvement, si on a soin de tourner le plateau par un mouvement brusque et interrompu, on observera des contractions.

46. Si, comme l'a fait M. *Colladon*, on dispose un galvanomètre de

manière que le fil serve de conducteur à un paratonnerre , le passage d'un nuage orageux fera dévier l'aiguille. *Galvani* , en se servant d'une grenouille comme galvanomètre , a vu des contractions dans des circonstances semblables.

Courans instantanés.

47. Faites passer la décharge d'une bouteille de Leyde , aussi faiblement chargée que possible , à travers le galvanomètre pour les courans instantanés , les pôles de l'aiguille seront changés si le courant trouve le pôle austral à droite. Le même courant , transmis à travers la grenouille , occasionne une convulsion.

48. Le fil du même instrument ayant une extrémité terminée par un bouton , et l'autre en communication avec le sol , ou même isolée , si l'on approche du bouton le plateau d'un électrophore , de manière à déterminer une étincelle , le sens de l'aimantation pourra être changé par le courant : de même , en tirant une étincelle d'une grenouille , on détermine une convulsion.

49. Disposez le même galvanomètre de manière que le fil d'un côté communique avec le sol , et de l'autre se termine par une surface métallique un peu large , placée à 20 ou 30 centimètres d'une machine électrique , quand les conducteurs sont chargés , leur électricité décompose par influence l'électricité naturelle du fil , attire la résineuse et repousse la vitrée. Quand on tire une étincelle des conducteurs , l'influence cesse à l'instant , et les deux électricités se recomposent subitement dans toute la longueur du fil ; de là un courant qui change les pôles de l'aiguille , si le pôle austral se trouve à sa droite. Une grenouille préparée , mise dans les mêmes circonstances que le galvanomètre , éprouve une convulsion à chaque étincelle. *Hallé* dit avoir vu réussir cette expérience , lors même que la grenouille était à 10 mètres de la machine. La main , placée très-près de l'animal , peut empêcher l'effet ; ce qui est tout simple , puisque la main , électrisée résineusement par influence , agit en sens inverse des conducteurs ,

chargés d'électricité vitrée. La grenouille est tellement sensible, qu'il n'est pas même nécessaire qu'elle communique avec le sol, du moins quand elle est très-près de la machine ; l'essentiel est que les électricités séparées produisent, en se recomposant, un courant qui soit forcé de passer par les nerfs. Pour assurer ce résultat, il faut évidemment que ceux-ci soient isolés. Si l'on n'observe rien avec une grenouille non dépouillée, c'est que rien ne force le courant à passer par les nerfs ; et cela ne tient pas, comme le pense *Hallé*, à ce que l'épiderme est une substance isolante : on sait, d'ailleurs, que les substances isolantes n'empêchent pas la décomposition par influence.

Si, au lieu de l'étincelle d'une machine électrique, on considère celle qui a lieu entre deux nuages orageux, on concevra comment une grenouille suspendue peut, ainsi que l'a observé *Galvani*, tressaillir à chaque coup de tonnerre. Nous n'avons pas encore vérifié si, placé dans les mêmes circonstances, le galvanomètre, pour les courants instantanés, aurait ses pôles changés.

COURANS THERMO-ÉLECTRIQUES.

Qu'on chauffe une des extrémités du fil du galvanomètre de *Schweiger*, et qu'on la mette en contact avec l'autre extrémité froide, il y aura un courant qui, dans le galvanomètre, ira de l'extrémité froide à l'extrémité chaude. Pour déterminer, par un courant semblable, des contractions dans la grenouille, il faut prendre deux gros fils de cuivre, de 2 ou 3 décimètres : l'un sera mis en contact avec les cuisses, et l'autre avec le tronçon de la colonne vertébrale ; une des extrémités libres sera chauffée, et l'on observera des contractions au moment où elle touchera l'extrémité froide.

COURANS DUS A L'ÉLECTRICITÉ ANIMALE.

Nous ne pensons pas qu'on puisse aujourd'hui se refuser d'admettre que la commotion donnée par la torpille et le gymnote ne soit due à l'électricité; dès-lors on expliquera facilement pourquoi des grenouilles préparées, mises en contact avec la torpille, sont agitées de convulsions, ainsi que l'a observé *Galvani*.

FIN.

ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ ἈΦΟΡΙΣΜΟΙ.,

APHORISMES D'HIPPOCRATE.

I.

Ἐν τοῖσι γυμνασικοῖσιν αἱ ἐπ' ἄκρον
εὐεξίαι, σφαλεραί, ἣν ἐν τῷ ἐσχάτῳ
ἔωσιν· ὃ γὰρ δύνανται μῆνιν ἐν τῷ
αὐτέῳ, ὃ δὲ ἀτρεμέειν· ἐπεὶ δὲ οὐκ
ἀτρεμέεσιν, ὃ δὲ τι δύνανται ἐπὶ τὸ
βέλτιον ἐπιδιδόναι, λείπεται ἔν ἐπὶ
τὸ χεῖρον. Τετέων ἔν εἵνεκα τὴν εὐεξίαν
λύειν συμφέρεται μὴ βραδέως, ἵνα πάλιν
ἀρχὴν ἀναθρέψῃς λάβῃ τὸ σῶμα.

L'excès de santé des athlètes, quand il est porté au dernier degré, est un état peu sûr; car, ne pouvant ni rester exactement au même point ni s'améliorer, il se détériore. On doit donc diminuer au plus tôt cette plénitude de santé, afin que le corps recommence à croître. (*Sect. 1, aph. 3.*)

B'.

II.

Ἦν ἐκ νέου τροφὴν λαμβάνων τις
μὴ ἰσχυρῇ, σημαίνει ὅτι πλείονι τροφῇ
τὸ σῶμα χρέεται ἢ δὲ, τροφὴν μὴ
λαμβάνοντος, τετο γίγνηται, χρὴ εἰ-
δέναι ὅτι κενώσιος δεῖται.

Quand un convalescent ne reprend pas ses forces, en mangeant, c'est qu'il mange trop; s'il ne mange pas, c'est qu'il a besoin d'être purgé. (*Sect. 2, aph. 8.*)

Γ'.

III.

Οἱ εὖ τὰ σώματα ἔχοντες φαρμα-
κεύεσται ἐργώδεις.

Ceux qui se portent bien supportent mal les médicamens. (*Ibid., aph. 37.*)

Δ'.

IV.

Τὸ μικρῷ χεῖρον καὶ πόμα, καὶ

On doit choisir des alimens et

σιτίον, ἥδιον δὲ, τῶν βελτιόνων μῆν,
ἀηδεστέρων δὲ, μᾶλλον αἰρετέον.

des boissons qui plaisent, lors
même qu'ils seraient un peu moins
convenables, que d'autres qui ne
plairaient pas. (*Ibid.*, *aph.* 38.)

Ε'.

Τὰ ἐκ πολλῷ χρόνῳ συνήθεια, καὶ
ἢ χείρω, τῶν ἀσυνήθων ἥσσον ἐνοχλεῖν
εἰωθεῖ δεῖ εἶν καὶ ἐς τὰ ἀσυνήθεια με-
ταβάλλειν.

V.

Ce qui est depuis long - temps
habituel, quoique mauvais, oc-
casione ordinairement moins de
trouble que ce qui est insolite : il
faut donc étendre le cercle de ses
habitudes. (*Ibid.*, *aph.* 50.)